

明 細 書

熱サイホン装置、それを用いた冷却、加温装置及びその方法ならびに植物の栽培方法

技術分野

- [0001] 本発明は、熱サイホンに関し、特に、外管内に熱源流体通流用の内管を貫通させて使用する二重管タイプの熱サイホン装置であり、冷却、加温(加熱)のいずれにも使用可能な多機能の熱サイホン装置、それを用いた冷却、加温装置及びその方法ならびに植物の栽培方法に関する。

背景技術

- [0002] 熱交換流体間の温度差が小さいほど、熱交換効率が低下するヒートポンプ等の熱変換機器に対して、蒸発、凝縮相変化を利用して大量の熱を小温度差で運ぶことのできる熱サイホンが近時、実用化されつつある。一方、熱サイホンは原理的にはヒートパイプの一形態とも見なせ、ヒートパイプの優れた熱伝達特性、温度均一性を有する。従来、二重管タイプのヒートパイプ(熱サイホン)の例として例えば実開昭62-136777号のものが開示されている。この装置は、二重管構成の内管の内周面と外管の外周面とのいずれか一方の周面を受熱面とし、かつ、他方の周面を放熱面とし、受熱面からの受熱により気化するとともに、凝縮により放熱面へ放熱する熱媒体を内管と外管との間に形成した密閉空間に収容したものであり、それによって、受熱部および放熱部の伝熱面積を大きくとって装置の小型化、伝熱効率の向上を企図したものである。

特許文献1:実開昭62-136777号公報(実用新案登録請求の範囲、第1図)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0003] 上記実用新案文献1では、例えば内管に高温流体を供給して外管の外周を加熱する場合には、同文献の第2図のように内管表面と熱媒体(作動液)が接する面積が小さく、内管外壁の熱伝達率ならびに熱輸送限界が低く、外管外域の加熱について実用レベルの機能を果たすことができなかった。また、この文献1の装置では、外管

外周が高温で受熱し、内管内周側に放熱する構成も示されているが、この場合には、外管に対して内管を上方に偏心配置する必要があり、装置の適用場所に応じて周囲の加熱あるいは冷却のいずれかの配管を施工時に選択し、施工後の冷却、加熱の切り替え変更に際しては、配管変更に大掛かりな工事が必要となるおそれがあった。これに対し、内管外壁および外管内壁に金網や焼結金属などの多孔質材料からなるウイックを装着し、作動液を蒸発部へ還流させることも考えられる。しかしながら、これらのウイックを管壁に密着させた状態を保持することが難しく製造及び施工調整が容易でない点、電食の関係から容器と同材質とする必要があり高コストとなる点、等の難点があった。さらに、多孔質のウイック自体の構造および管壁へのウイックの密着不良等による熱抵抗のために特に外管外周が高温でこれを冷却させる場合には殆ど実用に耐える程度の効果を得ることができず、一般的には熱サイホン、管外の加温あるいは加熱用としての利用に限られる場合が多いものであった。

- [0004] 本発明は、上記従来課題に鑑みてなされたものであり、その1つの目的は、極めて簡単な構成により、施工作業を簡単にでき、調整作業を不要とし、製造コストを低減し得るのみならず熱輸送効率を良好にさせて周囲の冷却、加温（加熱）を実現し得る熱サイホン装置、それを用いた冷却、加温装置及びその方法ならびに植物の栽培方法を提供することにある。さらに、本発明の他の目的は、一つの装置でありながら熱源流体を変えることにより周囲の冷却あるいは加温を実用レベルで行える熱サイホン装置、それを用いた冷却、加温装置及びその方法ならびに植物の栽培方法を提供することにある。さらに、本発明の他の目的は、従来の熱サイホンに比較して周囲の冷却あるいは加温機能に優れた熱サイホン装置、それを用いた冷却、加温装置及びその方法ならびに植物の栽培方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0005] 上記目的を達成するために、本発明は、横長に配置された外管12内を長手方向に貫通して内管14を配置させ、外管12と内管14との間の作動空間Sに作動液Qを封入させて密閉し、内管14の内部に熱源流体Uを通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、作動空間Sに面する外管12の内壁面121と内管14の外壁面141のそれぞれについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝G

を設け、該細幅凹溝Gを介した毛細管力によって作動液Qを壁面(121, 141)の周方向に上昇させつつ外管の内壁面121または内管の外壁面141のいずれかの蒸発部で蒸発させ、かつ、他方の壁面で凝縮させつつ外管外域を冷却または加温させることを特徴とする熱サイホン装置から構成される。本発明の熱サイホン装置は、横長に配置した二重管式熱サイホン装置であり、密閉作動空間に面した外管内壁面及び内管外壁面の周方向の多数の細幅凹溝の毛細管力によって作動液を上昇させ、受熱するいずれかの管壁に直接に接して作動液を蒸発させる。細幅凹溝の溝幅、溝断面形状、ピッチ幅間隔、らせん状連続か1ループ完結溝か、管の長手方向に連続か間欠的か、などについては、作動流体の表面張力ならびに毛細管力を介して周方向に上昇させうる機能を保持する限り任意に設定してよい。また、作動液もアルコールのほか、水、アンモニア等を用いてもよい。さらに、管の材質も適用部位の条件に応じて耐久性、耐食性を考慮して任意に設定してよい。本発明の熱サイホン装置は、住居やビルの床下部分からの冷却、加温、他の流体や気体との熱交換、その他種々の冷却、加温(加熱)装置として適用しうる。

[0006] また、細幅凹溝は所定の関係式に示される溝幅 W_g を許容最大溝幅とし、かつ、その際の所定の溝深さ H_g を有するような溝であるようにするとよい。

[0007] その際、内管14は外管12の軸心CLから偏心した位置にその軸心CSが配置された偏心二重管であり、かつ、内管14はその軸心CSが外管の軸心CLよりも下方となる位置に配置させるとよい。

[0008] また、本発明は、請求項1ないし3のいずれかに記載の熱サイホン装置10を用い、熱源流体Uを冷熱または温熱に切り替えることにより、一つの装置で周囲の冷却または加温を行う冷却、加温装置から構成される。

[0009] さらに、本発明は、横長に配置された外管12内を長手方向に貫通して内管14を配置させ、外管と内管との間の作動空間Sに作動液Qを封入させて密閉し、内管14の内部に熱源流体Uを通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、作動空間Sに面する外管12の内壁面121と内管14の外壁面141のいずれかについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝Gを設け、該細幅凹溝Gを介した毛細管力によって作動液Qを壁面(121, 141)の周方向に上昇させつつ外管の内

壁面121または内管の外壁面141のいずれかの蒸発部で蒸発させ、かつ、他方の壁面で凝縮させつつ外管外域を冷却または加温させることを特徴とする熱サイホン装置101、102から構成される。

[0010] また、本発明は、横長に配置された外管内を長手方向に貫通して内管を配置させ、外管と内管との間の作動空間に作動液を封入させて密閉し、内管の内部に熱源流体を通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、作動空間に面する外管の内壁面と内管の外壁面との両方に周方向に刻設された多数の細幅凹溝を形成し、該細幅凹溝を介して常時作動液を管表面に担持させるとともに作動液の各管表面に沿った上下動案内を行わせることを通じて熱源流体に対応した外管外域の冷却、または加温を行うことを特徴とする熱サイホンを用いた冷却、加温方法から構成される。

[0011] さらに、本発明は、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の熱サイホン装置を植物栽培土中に埋め込んで行う植物の栽培方法から構成される。

発明の効果

[0012] 本発明に係る熱サイホン装置によれば、横長に配置された外管内を長手方向に貫通して内管を配置させ、外管と内管との間の作動空間に作動液を封入させて密閉し、内管の内部に熱源流体を通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、作動空間に面する外管の内壁面と内管の外壁面のそれぞれについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝を設け、該細幅凹溝を介した毛細管力によって作動液を壁面の周方向に上昇させつつ外管の内壁面または内管の外壁面のいずれかの蒸発部で蒸発させ、かつ、他方の壁面で凝縮させつつ外管外域を冷却または加温させる構成であるから、高価で装着が容易でない金網ウイック等を用いることなく、極めて簡単な構造で容易に製造でき、低コストでありながら、効率の良い熱輸送による装置周囲の冷却、加温を行える。また、内管内に供給する熱源流体を変更するだけで自在に、周囲の冷却か加温かを選択して実施できる。

[0013] また、細幅凹溝は所定の溝幅 W_g を許容最大溝幅とし、かつ、所定の溝深さ H_g を有するような溝である構成とすることにより、管の内側にメッシュウイックを密着させつつ装着させる作業を不要とし簡単な構成、低コストによる横置き二重管タイプの熱サ

イホンを実用化させ得る。

- [0014] また、その際、内管は外管の軸心から偏心した位置にその軸心が配置された偏心二重管であり、かつ、内管はその軸心が外管の軸心よりも下方となる位置に配置された構成であるから、内管の外壁面の細幅凹溝から効率よく作動液を蒸発させ、凝縮工程では溝およびそれ以外の部分を含む外壁面全体において凝縮させるから熱輸送効率が良好となる。
- [0015] また、本発明は、請求項1または2に記載の熱サイホン装置を用い、熱源流体を温熱または冷熱に切り替えることにより、一つの装置で周囲の冷却または加温を行う冷却、加温装置から構成することにより、周囲の冷却、加温を必要とする種々の部分に設置して有効にその冷却、加温の切り替え自在使用を実現させることができる。
- [0016] さらに、本発明は、横長に配置された外管内を長手方向に貫通して内管を配置させ、外管と内管との間の作動空間に作動液を封入させて密閉し、内管の内部に熱源流体を通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、作動空間に面する外管の内壁面と内管の外壁面のいずれかについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝を設け、該細幅凹溝を介した毛細管力によって作動液を壁面の周方向に上昇させつつ外管の内壁面または内管の外壁面のいずれかの蒸発部で蒸発させ、かつ、他方の壁面で凝縮させつつ外管外域を冷却または加温させることを特徴とする熱サイホン装置から構成されるから、外管の内壁面または、内管の外壁面のいずれかにのみ細幅凹溝を設けた二重管式熱サイホンであっても、周囲の冷却、加温の必要性に応じて有効にそれらの冷却、または加温を行える。
- [0017] また、本発明は、横長に配置された外管内を長手方向に貫通して内管を配置させ、外管と内管との間の作動空間に作動液を封入させて密閉し、内管の内部に熱源流体を通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、作動空間に面する外管の内壁面と内管の外壁面との両方に周方向に刻設された多数の細幅凹溝を形成し、該細幅凹溝を介して常時作動液を管表面に担持させるとともに作動液の各管表面に沿った上下動案内を行わせることを通じて熱源流体に対応した外管外域の冷却または加温を行うことを特徴とする熱サイホンを用いた冷却、加温方法から構成されるから、高価で装着が容易でない金網ウイックを用いることなく、実用

に供しうる装置周囲の冷却、加温を簡単な構成で実現し得る。また、内管内に供給する熱源流体を変更するだけで自在に、周囲の冷却か加温かを選択して実施できる。

- [0018] また、本発明は、請求項1または2に記載の熱サイホン装置を植物栽培土中に埋め込んで行う植物の栽培方法から構成されるから、栽培植物の生育促進を実現し得るとともに、特に、平地やあるいはいはいずれの地域についても高原野菜等の高価な作物を育成させることができる。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]本発明の第1実施形態に係る熱サイホン装置の一部省略縦断面図である。
- [図2](a), (b), (c)は、細幅凹溝の溝付け構成の種々の態様を示す要部拡大説明図である。
- [図3](a), (b), (c)、(d)は、細幅凹溝の種々の断面形状例を示す図である。
- [図4]第1実施形態の熱サイホン装置の構成兼冷却時の作用説明図である。
- [図5]同じく第1実施形態の熱サイホン装置の構成兼加温時の作用説明図である。
- [図6]図1の熱サイホン装置どうしの接続例の一部省略説明図である。
- [図7]図1の熱サイホン装置を用いて床下加温、冷却装置として施工した場合の一部切欠き斜視説明図である。
- [図8]本発明の第2実施形態の熱サイホン装置の断面説明図である。
- [図9]本発明の第3実施形態の熱サイホン装置の断面説明図である。

符号の説明

- [0020] 10, 101, 102 熱サイホン装置
- 12 外管
- 14 内管
- 16 細幅凹溝群
- 17 細幅凹溝群
- 121 外管の内壁面
- 141 内管の外壁面
- G 細幅凹溝

Q 作動液

S 作動空間

Wg 溝幅

Hg 溝深さ

発明を実施するための最良の形態

[0021] 以下、添付図面に基づいて本発明に係る熱サイホン装置の実施の形態をそれを用いた冷却、加温装置及びその方法とともに、説明する。本発明の熱サイホン装置は、内外二重管の中間の作動空間に作動液を充填して密閉し、外管の伝熱面積を広く確保し、内管内を通す冷熱あるいは温熱流体を介して周囲を冷却または加温させる冷却、加温手段であり、本実施形態においては、特にメッシュウイックのように管内壁面に密着して装着させる工程を不要とし、かつ、良好な管内熱輸送を介した管外域の冷却、加温を行える熱サイホン装置である。

[0022] 図1は、本発明の第1の実施形態にかかる熱サイホン装置の縦断面を示しており、図において、熱サイホン装置10は、横方向に長く配置された外管12と、外管内を長手方向に貫通して配置された内管14と、外管12と内管14との中間部を作動空間Sとし、該作動空間を密閉して内部に封入された作動液Qと、外管12の内壁面121と内管14の外壁面141のそれぞれについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝Gを備える細幅凹溝群16, 17を含む。

[0023] 実施形態において、外管12は横長の中空円筒形でアルミニウムの材質で構成され、この外管12に平行に外管と同材質の内管14が該外管12を長手方向に貫通して配設されている。図4, 5にも示すように内管14は外管内部で中心から若干下方に偏心した位置に配置されている。外管12と内管14との中間の作動空間Sに作動液Qが充填された状態で両端はキャップ等の端壁18により閉鎖され内部は水密状に密閉されている。作動液Qは、図4, 5に示すように内管14の一部が浸かる程度、すなわち、内管の半分以下が浸かる程度の量で充填されている。実施形態の熱サイホン装置では、内管14は外管12の軸心CLから偏心した位置にその軸心CSが配置された偏心二重管であり、かつ、内管14はその軸心CSが外管12の軸心CLよりも下方となる位置に配置されている。内管14には熱源流体Uが供給され、外管12の外域を加温す

る場合には温熱源流体を通すとともに、外域を冷却させる場合には冷熱源流体が供給される。

- [0024] 作動空間Sに充填される作動液Qは、密閉空間の蒸発部と凝縮部とで相変化しながら熱輸送を行う作動流体であり、例えば実施形態ではアルコールが投入されている。
- [0025] 本発明において、一つの特徴的なことは作動空間Sに面する外管12の内壁面121と内管14の外壁面141の両方について、周方向に多数の細幅凹溝Gを設け、作動液Qの蒸発効率ひいては熱輸送効率を向上させたことであり、特に、この実施形態では横長筒状の構成の装置10を用い、重力作用を利用しつつ効果的に周囲の加温、冷却を自在に切り替えさせる。
- [0026] すなわち、図2は、外管12の内壁面121あるいは内管14の外壁面141の一部を拡大して示したものであり、本実施形態において、図2(a)に示すように細小幅の連続らせん溝Gが所定のピッチ幅で外管12の内壁面121および内管14の外壁面141のいずれにも、それらの長手方向にわたって刻設されている。これらの細幅凹溝Gは、例えば1周に着目するときには横長方向に形成した外管、内管両方についてそれらの周方向に長く形成されている。外管の内壁面に形成された多数の細幅凹溝Gおよび内管の外壁面に形成された多数の細幅凹溝Gは、それぞれ第1、第2の細幅凹溝群16、17を形成している。
- [0027] 細幅凹溝Gは、作動空間Sに充填された作動液Qを毛細管力により該溝Gに沿って上昇させて管壁表面全体に均一な分布で略均等量の作動液膜分布を生起させる液膜張設手段であり、本実施形態ではその際、微小の作動液筋で管表面全体を覆うことでこれを実現する。細幅凹溝Gの溝幅 W_g ならびに溝深さ H_g は、毛細管現象を介して作動液Qが管表面を上昇しうる幅と深さに設定されており、各仕様を一定とする場合は、細幅であるほうがよい。例えば一つの実施形態では、外管内径27mm、内管外径12mmに対して溝幅0.2mm、溝深さ0.2mmに設定されそれらの溝間ピッチ幅は0.2mmに設定されている。作動液はアルコールのほかに、例えば水やアンモニア等を用いる場合もあり、それらの流体の表面張力をも考慮に入れた溝幅および溝深さが決定される。これらの具体的な寸法サイズは実施にあたり固定的に選択さ

れる必要はなく、溝加工上の作業性、加工効率、経済性等を考慮して実用に耐えうる作動液のポンプアップ機能を行える範囲において任意に選択してよい。毛細管力で作動液を上昇させうる管径に対する最大の溝幅 W_g は、下記式(3)より

式3

[0028]

$$\frac{2\sigma}{W_g} \cos \theta_{\min} \geq \rho_l g D \quad (3)$$

次の式(1)で与えられる。

式4

[0029]

$$W_g \leq \frac{2\sigma \cos \theta_{\min}}{\rho_l g D} \quad (1)$$

上式中、 W_g は、細幅凹溝の溝幅、 σ は作動液の表面張力、 θ_{\min} は最小接触角、 ρ_l は作動液の密度、 g は重力加速度、 D は管径(最大毛管高さ)である。その際、溝深さ H_g は、次の式(2)に示される。

式5

[0030]

$$H_g \geq \frac{W_g}{2} \quad (2)$$

しかしながら、上記の式に示される数値以外でも上記したような機能を保持しうる限りにおいてある程度の許容幅をもって設定してよい。図3は、この細幅凹溝 G として選択し得る種々の溝形状を例示したものであり、(a)の矩形溝(コ字状溝)、(b)のV字間欠溝、(c)のV字連続溝(鋸刃状溝)、(d)のU字溝、その他上記機能を果たしうる範囲において任意の溝形状のものを選択してよい。さらに、管の周方向について本

実施形態では連続らせん溝としているが、図2(b)のように1周完結ループの溝としてもよいし、また、(c)のように管長手方向にいずれの場合にも間欠的に形成させるようにしてもよい。

[0031] 次に、図1、図4、図5を参照して本実施形態の熱サイホン装置10の作用について説明する。説明をわかり易くするために、例えば本実施形態の熱サイホン装置10を例えば図7に示すようなウッドフロアのフローリングの下面に設置した床部冷却、加温両用の装置として用いる場合について説明する。図4は、夏季室内高温時に床部を冷却する場合の作用を示しており、この場合、内管14内には冷熱源としての冷水が管外でループ状に連通する図示しない配管を介して駆動機構により循環供給される。冷水は例えば図示しないチラーやヒートポンプシステムを介して生成される。図4において、外管12の外壁面は高温(例えば30℃以上)に接して熱を受ける受熱面となり、内管14内壁面が放熱面となる。外管12と内管14との中間の作動空間Sに充填された作動液Qは、毛細管力により外管12の内壁面121を上昇し(s1)、外管12の内壁面全体に膜状に張り付く。この液相の作動流体は、周囲の高温に熱せられる外管12の内壁面121に接して蒸発し(s2)、気相に変化して作動空間S内に拡散する。この作動液が変化して気相となったものは、冷水が通流する内管14の外壁面141に接して冷却されて凝縮し(s3)、内管14の外壁面の細幅凹溝Gを伝って周方向に流下し、作動液溜まり20に還る。そして、液溜まりの作動液は外管12の内壁面121を上昇し、外管12の内壁面全体に膜状に張り付き、蒸発して作動空間に拡散し、内管外壁面で凝縮する。以下、このサイクルを繰り返しながら外管周囲を冷却する。この実施形態では、外管12の内壁面121に、周方向に長くかつ管長手方向に多数の細幅凹溝を設けており、個々の細幅凹溝内に筋状に作動液が溜められるから外管周囲からの熱が直接に作動液に伝達されるうえに、微小で等しい量の作動液が均等に管壁表面に分布し張り付くから効率的に蒸発し、かつ、毛細管力により作動液をポンプアップさせる。特に、この実施形態では、管の内壁面と内管の外壁面との両方に周方向に多数の細幅凹溝を形成し、該細幅凹溝を介して常時作動液を管表面に担持させるとともに作動液の各管表面に沿った上下動案内を行わせるから、毛細管力による上昇と、凝縮液相の流下を円滑に行える。周囲から熱せられた外管が、その一部

である細幅凹溝内の作動液の薄い液膜に直接に接してこれを蒸発させるから熱抵抗がきわめて小さく、蒸発部熱伝達率を格段に向上させる。また、蒸発部への作動液の供給が細幅凹溝の毛細管力によるポンプ作用によって行われるとともに構造的にも内管14の軸心CSが外管12の軸心CLより下方に位置していることから作動液量が少なくすみ、さらに内管外壁がほとんど蒸気に接しているため相乗的に凝縮部熱伝達の向上を果たせる。この場合、外管内壁面121が蒸発部となり、内管外表面141が凝縮部となる。内管内に供給する冷水は例えば、夏季睡眠時に使用する場合には活動がなく背中に近い部分を冷却するから27℃～28℃程度に向けての冷却を行えばよく、これを実現する程度の冷却設定および実行を簡単に行える。例えば内管に15℃程度の水を供給することにより、床や畳表面部分を27℃～28℃程度に冷却することは容易であるばかりか、より低温に冷却することもできる。

[0032] 図5は、冬季低温時に床部を加温する場合を示しており、この場合、内管14内には温熱源としての例えば温水あるいは熱水が図示しないボイラや温熱水生成装置を介して供給される。この場合、内管14内壁面が受熱面となり、外管外壁面が冷気に接して放熱面となる。作動液Qは、毛細管力により内管14の外壁面141を上昇し(s21)、内管14の外壁面全体に膜状に張り付く。この液相の作動流体は、内管内の高温流体に熱せられる内管14の外壁面141に接して蒸発し(s22)、気相に変化して作動空間S内に拡散する。この作動液が変化して気相となったものは、冷気に接する外管12の内壁面121に接して冷却されて凝縮し(s23)、外管12の内壁面の細幅凹溝Gを伝って周方向に流下し、作動液溜まり20に還る。このサイクルを繰り返す中で、内管14の外壁面141の多数の細幅凹溝のうち、個々の細幅凹溝内に筋状に作動液が溜められ、内管内部からの熱が直接に作動液に伝達され、微小で等しい量の作動液が均等に管壁表面に分布し張り付くから効率的に蒸発し、かつ、毛細管力により作動液をポンプアップさせ蒸発部熱伝達を向上させて外管周囲を有効に加温させる。この場合、内管外壁面141が蒸発部となり、外管内壁面121が凝縮部となる。例えば内管に60℃程度の温水を供給することにより、室温15℃程度の室内の床や畳表面を25℃程度に加温させることができる。

[0033] また、このように、本実施形態では外管内壁面ならびに内管外壁面の両方に管周

方向に多数の細幅凹溝を設けているので、特に、装置の周囲の加温あるいは冷却をその内管に通流させる熱源流体の温熱かまたは冷熱流体かの供給切り替えを行うだけで自在に設定でき、一つの装置で加温、冷却両用の装置の実用化を達成しうる。

[0034] 図7は、上記の熱サイホン装置10を室内のフローリングの下面に設置して床部加温、冷却装置として用いる場合の施工例を示しており、床22の下面に敷設された断熱マット24の間隙に熱サイホン装置10を埋め込んで床22を加温あるいは冷却する。その際、必要に応じて熱サイホン装置どうしを接続する場合には、例えば図6に示すように内管の突設部どうしを高強度で耐食性のある合成樹脂製フレキシブル管等からなる接続ホース26の両端に差し込み接続させる。したがって、図7のような数本、あるいは数十本の連通状の曲がり配管接続に際しても簡易に施工し得る。また、そのメンテナンスも簡単に行える。

[0035] 次に、図8、図9を参照して本発明の他の実施形態に係る熱サイホン装置101について説明するが、上記した第1実施形態の熱サイホン装置と同一部材には同一符号を付してその説明は省略する。図8の第2実施形態の熱サイホン装置101では、第1実施形態と同様の横長方向で設置される二重管式の熱サイホン装置であって、作動空間Sに面する外管12の内壁面121のみについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝Gを設け、内管14の外壁面141は単なる滑面状の円筒外面としたものである。この場合、第1実施形態と同様に外管内壁面の細幅凹溝Gを介して毛細管力により外管内壁面に作動液膜が張り付くので、装置の周囲を冷却させるときには、第1実施形態の図4の例と同様にこれを有効に実現しうる。また、図9の第3実施形態の熱サイホン装置102では、作動空間Sに面する内管14の外壁面141のみについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝Gを設け、外管12の内壁面121は単なる円筒内面としたものである。この場合、第1実施形態と同様に内管外壁面の細幅凹溝Gを介して毛細管力により内管外壁面に作動液膜が張り付くので、装置の周囲を加温あるいは加熱させるときには、第1実施形態の図5の例と同様の作用でこれを有効に実現しうる。

[0036] 上記した第1ないし第2のいずれかの実施形態の熱サイホン装置を農業用の植物栽培土中に埋め込んで植物栽培を行うと良好に生育を行わせうるとともに、特に土の

冷却作用を確実に行わせうるから、高原野菜や高温土を嫌う植物栽培に有効である。よって、平地やあるいはいずれの地域についてもそれらの作物栽培が可能となる。

[0037] 設計例

内径 $d_{io}=27\text{mm}$ 、外径 $d_{oo}=30\text{mm}$ の外管および内径 $d_{ii}=9\text{mm}$ 、外径 $d_{oi}=12\text{mm}$ の内管から構成される円周方向矩形グループ付き偏心二重管熱サイホンにおいて、作動流体としてエタノールおよび水を用いた場合の毛細管圧力限界による最大熱輸送量の計算を行った。なお、作動液最大深さ H_p は 6mm 、内外管最小距離 I_c は 5.5mm とした。

[設計例1、2] 冷却時(内管内流体として冷水を使用)における最大熱輸送量周囲冷却の場合、外管が蒸発部、内管が凝縮部となるので、最大吸熱量としては、外管グループの毛細管圧力限界による最大熱輸送量を算出すればよい。そこで、作動流体としてエタノールおよび水を用いた場合の冷却時における単位長さ当たりの最大熱輸送量の計算値 $Q_{\max}/L(\text{W}/\text{m})$ を設計例1、設計例2としてそれぞれ表1および表2に示す。なお、計算においては、作動温度(蒸気温度) T_v は 10°C とした。表中、 $Q_{\max}/L(\text{W}/\text{m})$ は単位長さあたりの最大熱輸送量、 W_g は外管グループ(細幅凹溝)幅、 H_{\max} は最大毛管高さ、 H_g は外管グループ深さ、 S_g は外管グループ間ピッチ幅、 $N_g(=1/(W_g+S_g))$ は単位長さあたりの外管グループ本数である。

[0038] [表1]

表1 冷却時における外管グループの最大熱輸送量(作動流体:エタノール)

W_g [mm]	H_{\max} [mm]	S_g [mm]	H_g [mm]			N_g [本/m]
			0.2	0.3	0.4	
0.2	29.0	0.2	111	339	614	2500
		0.3	89	271	491	2000
		0.4	74	226	409	1667
		0.5	63	194	351	1429
0.1	57.9	0.2	248	499	763	3333
		0.3	186	374	572	2500
		0.4	149	299	458	2000
		0.5	124	249	381	1667

単位: W/m

[0039] [表2]

表2 冷却時における外管グループの最大熱輸送量（作動流体：水）

Wg [mm]	H_{max} [mm]	Sg [mm]	Hg [mm]			Ng [本/m]
			0.3	0.4	0.5	
0.6	23.0	0.5	—	506	1461	909
		1.0	—	348	1004	625
		1.5	—	265	765	476
		2.0	—	214	618	385
0.5	27.6	0.5	516	2655	6224	1000
		1.0	344	1770	4149	667
		1.5	258	1328	3112	500
		2.0	206	1062	2489	400
0.4	34.5	0.5	1896	6072	11833	1111
		1.0	1218	3903	7607	714
		1.5	898	2877	5605	526
		2.0	711	2277	4437	417

単位：W/m

上記の計算結果より、周辺冷却時に偏心二重管タイプで作動液としてエタノールを用いた場合、外管内径側グループの溝幅 $Wg=0.1\text{mm}$ 、溝深さ $Hg=0.4\text{mm}$ のときに最も大きな熱輸送量を確保しうると決定され、これらの近似サイズで実用上有効に機能しうる点を選択して決定するとよい。また、作動液として水を用いた場合は、外管内径側グループの溝幅 $Wg=0.4\text{mm}$ 、溝深さ $Hg=0.5\text{mm}$ のときに最も大きな熱輸送量を確保しうる。

〔設計例3、4〕 加熱時（内管内流体として温水を使用）における最大熱輸送量

周囲加熱の場合、外管が凝縮部、内管が蒸発部となるので、最大放熱量としては、内管グループの毛細管圧力限界による最大熱輸送量を算出すればよい。そこで、作動流体としてエタノールおよび水を用いた場合の加熱時における単位長さ当たりの最大熱輸送量の計算値 Q_{max}/L (W/m)を表3および表4に示す。なお、計算においては、作動温度（蒸気温度） T_v は 40°C とした。

[0040] [表3]

表3 加熱時における内管グループの最大熱輸送量（作動流体：エタノール）

Wg [mm]	Hmax [mm]	Sg [mm]	Hg[mm]			Ng [本/m]
			0.2	0.3	0.4	
0.4	13.4	0.5	—	155	500	1111
		1.0	—	100	321	714
		1.5	—	73	237	526
		2.0	—	58	187	417
0.3	17.9	0.5	101	623	1449	1250
		1.0	63	383	892	769
		1.5	45	277	664	556
		2.0	35	217	504	435
0.2	26.5	0.5	341	1059	1942	1429
		1.0	199	618	1133	833
		1.5	141	436	800	588
		2.0	109	337	618	455

単位：W/m

[0041] [表4]

表4 加熱時における内管グループの最大熱輸送量（作動流体：水）

Wg [mm]	Hmax [mm]	Sg [mm]	Hg[mm]			Ng [本/m]
			0.5	0.6	0.7	
1.1	11.9	1.0	—	488	1657	476
		1.5	—	394	1339	385
		2.0	—	330	1123	323
		2.5	—	285	967	228
1.0	13.1	1.0	577	3416	9194	500
		1.5	462	2733	7355	400
		2.0	385	2277	6129	333
		2.5	330	1952	5254	286
0.9	14.5	1.0	2423	9298	21052	526
		1.5	1918	7361	16666	417
		2.0	1588	6092	13793	345
		2.5	1354	5196	11764	294

単位：W/m

上記の計算結果より、周辺加温（加熱）時に偏心二重管タイプで作動液としてエタノールを用いた場合、内管外径側グループの溝幅Wg=0.2mm、溝深さHg=0.4mm

mのときに最も大きな熱輸送量を確保しうると決定され、これらの近似サイズで実用上有効に機能しうる点を選択して決定するとよい。また、作動液として水を用いた場合は、内管外径側グルーブの溝幅 $W_g=0.9\text{mm}$ 、溝深さ $H_g=0.7\text{mm}$ のときに最も大きな熱輸送量を確保しうる。

- [0042] 本発明に係る熱サイホン装置、それを用いた冷却、加温装置及びその方法ならびに植物の栽培方法は、上記した実施例の構成にのみ限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した発明の本質を逸脱しない範囲における改変も本発明に含まれる。

産業上の利用可能性

- [0043] 本発明の熱サイホン装置は、住居やビルの床下部分からの冷却、加温、他の流体や気体との熱交換、その他種々の冷却、加温(加熱)装置として適用しうる。さらに、本発明の熱サイホン装置を植物栽培土中に埋め込んで植物の栽培促進にも利用できる。

請求の範囲

- [1] 横長に配置された外管内を長手方向に貫通して内管を配置させ、外管と内管との間の作動空間に作動液を封入させて密閉し、内管の内部に熱源流体を通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、

作動空間に面する外管の内壁面と内管の外壁面のそれぞれについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝を設け、

該細幅凹溝を介した毛細管力によって作動液を壁面の周方向に上昇させつつ外管の内壁面または内管の外壁面のいずれかの蒸発部で蒸発させ、かつ、他方の壁面で凝縮させつつ外管外域を冷却または加温させることを特徴とする熱サイホン装置。

- [2] 細幅凹溝は次式(1)に示される溝幅 Wg を許容最大溝幅とし、かつ、式(2)に示される溝深さ Hg を有するような溝であることを特徴とする請求項1記載の熱サイホン装置。

[式1]

$$Wg \leq \frac{2\sigma \cos \theta \min}{\rho_l g D} \quad (1)$$

[式2]

$$Hg \geq \frac{Wg}{2} \quad (2)$$

- [3] 内管は外管の軸心から偏心した位置にその軸心が配置された偏心二重管であり、かつ、内管はその軸心が外管の軸心よりも下方となる位置に配置されたことを特徴とする請求項1または2記載の熱サイホン装置。
- [4] 請求項1ないし3のいずれかに記載の熱サイホン装置を用い、熱源流体を冷熱または温熱に切り替えることにより、一つの装置で周囲の冷却または加温を行う冷却、加温装置。
- [5] 横長に配置された外管内を長手方向に貫通して内管を配置させ、外管と内管との間

の作動空間に作動液を封入させて密閉し、内管の内部に熱源流体を通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、

作動空間に面する外管の内壁面と内管の外壁面のいずれかについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝を設け、

該細幅凹溝を介した毛細管力によって作動液を壁面の周方向に上昇させつつ外管の内壁面または内管の外壁面のいずれかの蒸発部で蒸発させ、かつ、他方の壁面で凝縮させつつ外管外域を冷却または加温させることを特徴とする熱サイホン装置。

- [6] 横長に配置された外管内を長手方向に貫通して内管を配置させ、外管と内管との間の作動空間に作動液を封入させて密閉し、内管の内部に熱源流体を通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、

作動空間に面する外管の内壁面と内管の外壁面との両方に周方向に刻設された多数の細幅凹溝を形成し、

該細幅凹溝を介した毛細管力によって常時作動液を管表面に担持させるとともに作動液の各管表面に沿った上下動案内を行わせることを通じて熱源流体に対応した外管外域の冷却、または加温を行うことを特徴とする熱サイホンを用いた冷却、加温方法。

- [7] 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の熱サイホン装置を植物栽培土中に埋め込んで行う植物の栽培方法。

19
補正書の請求の範囲

[2004年12月17日(17.12.04)国際事務局受理：出願当初の請求の範囲1及び6は補正された；出願当初の請求の範囲5は取り下げられた；
他の請求の範囲は変更なし。(2頁)]

- [1] (補正後) 横長に配置された外管内を長手方向に貫通して内管を配置させ、外管と内管との間の作動空間に作動液を封入させて密閉し、内管の内部に熱源流体を通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、

作動空間に面する外管の内壁面と内管の外壁面のそれぞれについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝を設け、

作動液は、内管がその一部を液面上に露出した状態で浸かるように液面高さが設定されて封入され、

該細幅凹溝を介した毛細管力によって作動液を壁面の周方向に上昇させつつ外管の内壁面または内管の外壁面のいずれかの蒸発部で蒸発させ、かつ、他方の壁面で凝縮させつつ外管外域を冷却または加温させることを特徴とする熱サイホン装置。

- [2] 細幅凹溝は次式(1)に示される溝幅 W_g を許容最大溝幅とし、かつ、式(2)に示される溝深さ H_g を有するような溝であることを特徴とする請求項1記載の熱サイホン装置。

[式1]

$$W_g \leq \frac{2\sigma \cos \theta \min}{\rho g D} \quad (1)$$

[式2]

$$H_g \geq \frac{W_g}{2} \quad (2)$$

- [3] 内管は外管の軸心から偏心した位置にその軸心が配置された偏心二重管であり、かつ、内管はその軸心が外管の軸心よりも下方となる位置に配置されたことを特徴とする請求項1または2記載の熱サイホン装置。

- [4] 請求項1ないし3のいずれかに記載の熱サイホン装置を用い、熱源流体を冷却または温熱に切り替えることにより、一つの装置で周囲の冷却または加温を

行う冷却、加温装置。

[5] (削除)

[6] (補正後) 横長に配置された外管内を長手方向に貫通して内管を配置させ、外管と内管との間の作動空間に作動液を封入させて密閉し、内管の内部に熱源流体を通流させつつ外管外域との熱交換を行う二重管式の熱サイホンであって、
作動空間に面する外管の内壁面と内管の外壁面との両方に周方向に刻設された多数の細幅凹溝を形成し、
作動液の液面高さを内管の一部が作動液面上に露出する高さに設定し、
該細幅凹溝を介した毛細管力によって常時作動液を管表面に担持させるとともに作動液の各管表面に沿った上下動案内を行わせることを通じて熱源流体に対応した外管外域の冷却、または加温を行うことを特徴とする熱サイホンをを用いた冷却、加温方法。

[7] 請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の熱サイホン装置を植物栽培土中に埋め込んで行う植物の栽培方法。

PCT 19条(1)の規定に基づく説明書

請求の範囲第1項は、外管と内管との間の真空作動空間に作動液を封入させた二重管式の熱サイホンであって、外管の内壁面と内管の外壁面のそれぞれについて周方向に刻設された多数の細幅凹溝を設け、作動液が内管がその一部を液面上に露出した状態で浸かるように液面高さが設定されて封入されたことを明確にした。

文献1では、二重管式のヒートパイプの熱源パイプが熱媒用流体中に没した構成である。文献1では、液面を高くして作動空間を小さくし、蒸発、凝縮のサイクルを短時間で行なわせようとするものである。

文献2では、管体の長手方向を2分割して一侧を蒸発部、他側を凝縮部として、蒸発部の内周壁に螺旋状の溝を連設させたものである。蒸発部側で作動液が蒸発し、長手方向へ移動し、他側の凝縮部で凝縮し、凝縮した作動液が重力で一侧へ移動して再び蒸発するというサイクルを繰り返すものである。したがって、このようなサイクルを実現できるように作動液量が設定されている。

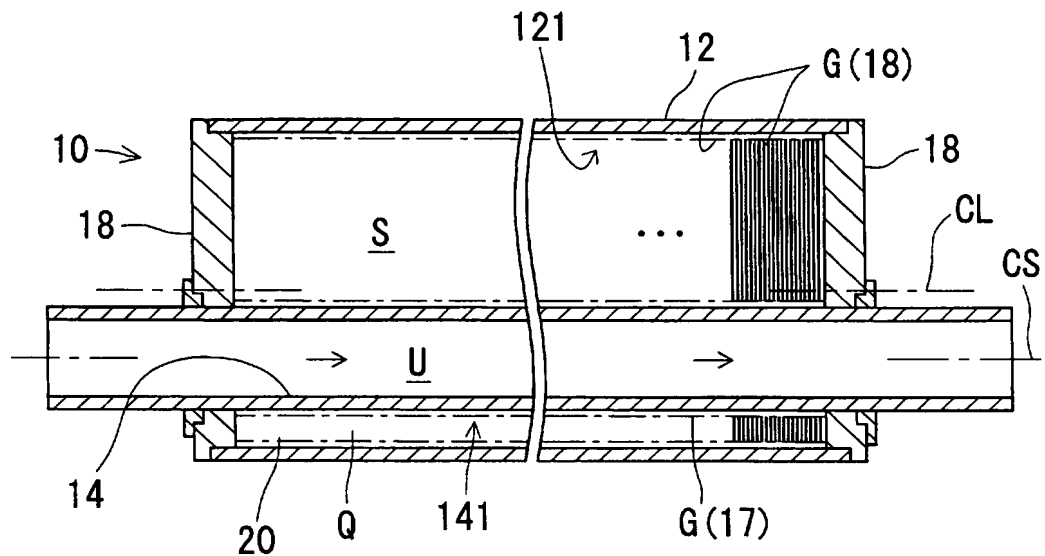
本願の請求項1発明の熱サイホンは、細幅凹溝を介した毛細管力によって作動液を壁面の周方向に上昇させつつ外管の内壁面または内管の外壁面のいずれかを蒸発部として蒸発させ、かつ、他方の壁面で凝縮させつつ外管外域を冷却または加温させる。上記のように外管の内壁面と内管の外壁面との両方に細幅凹溝を形成し、さらに、作動液は内管の一部を露出するような液面高さで設定されているので、各細幅凹溝に表面張力で滞留した作動液が内外各管表面全体に膜状に張り付かせた状態となる。しかも、管表面全体に設けられた細幅凹溝を介して作動液が薄膜状に均等に分布するように張り付いているので、熱抵抗が小さく全体的に均一に蒸発と凝縮が行なわれ、管表面の細幅凹溝に沿って凝縮作動液を最短距離で円滑に流下させる結果、熱通過率が大幅に向上する。さらに、内管に通流させる熱源流体を温熱、冷熱流体の供給切り替えを行うだけで、1つの装置で外管の外周の加温または冷却を実現できる等の本願特有の効果を奏する。

請求項6は、二重管式の熱サイホンをを用いた冷却、加温方法であって、作動空間に面する外管の内壁面と内管の外壁面との両方に周方向に刻設された多数の細

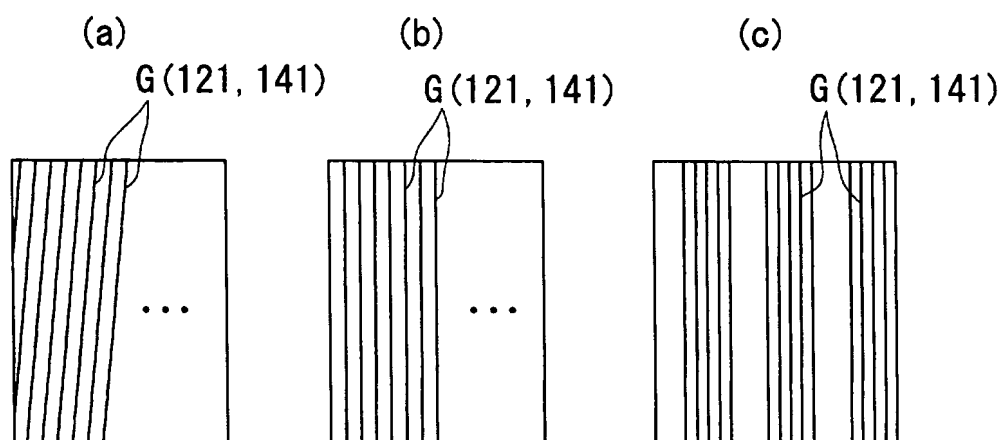
幅凹溝を形成し、作動液の液面高さを内管の一部が作動液面上に露出する高さに設定することを明確にした。

国際出願時の請求の範囲第 5 項を削除する補正に対応して、明細書 12 ページ [0035] 及び図 8、図 9 は補正される。

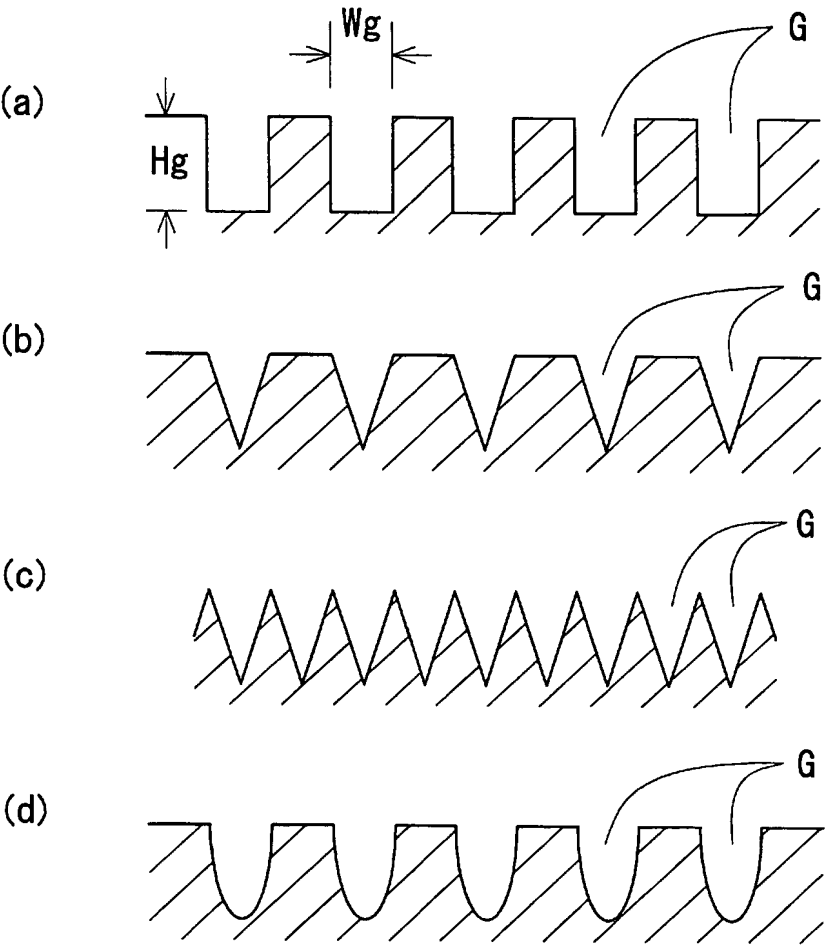
[図1]



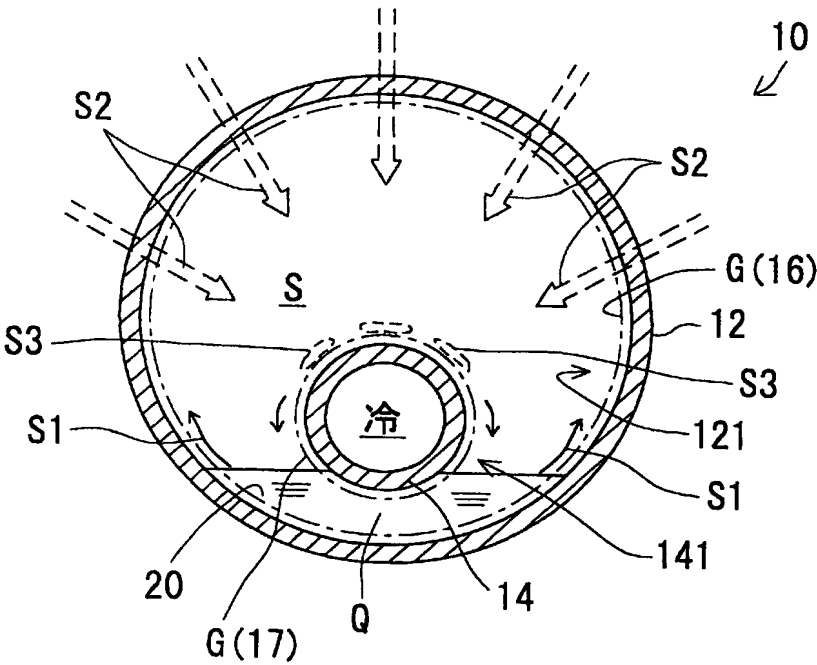
[図2]



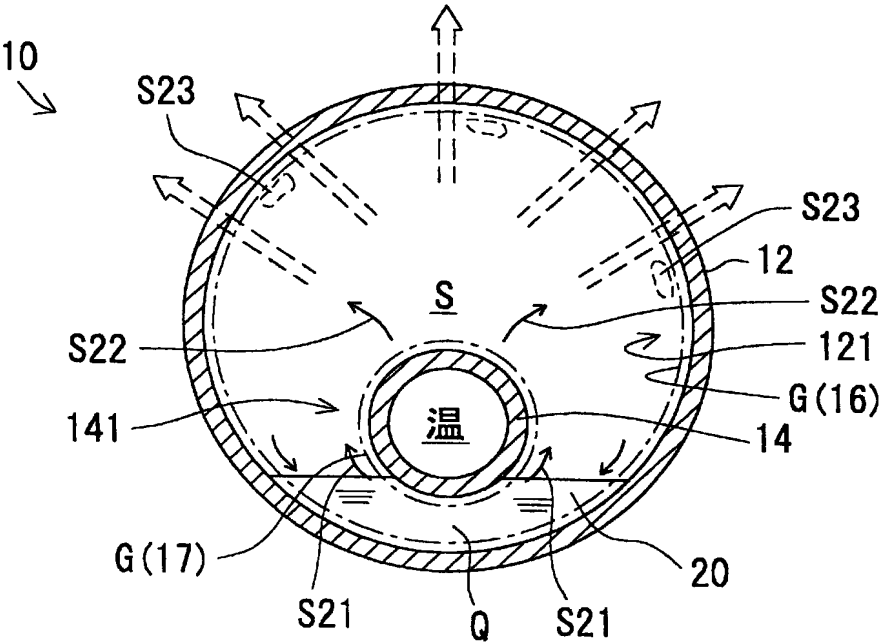
[図3]



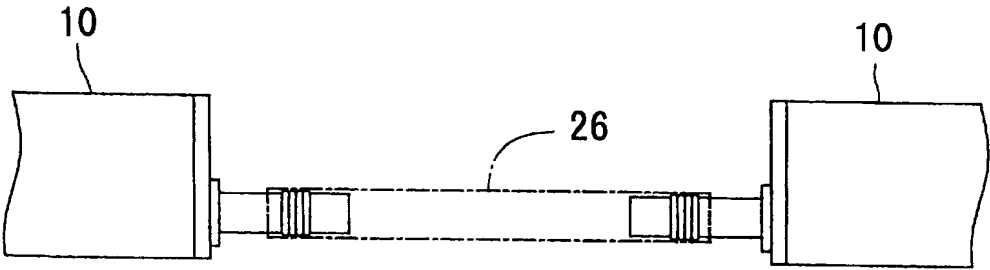
[図4]



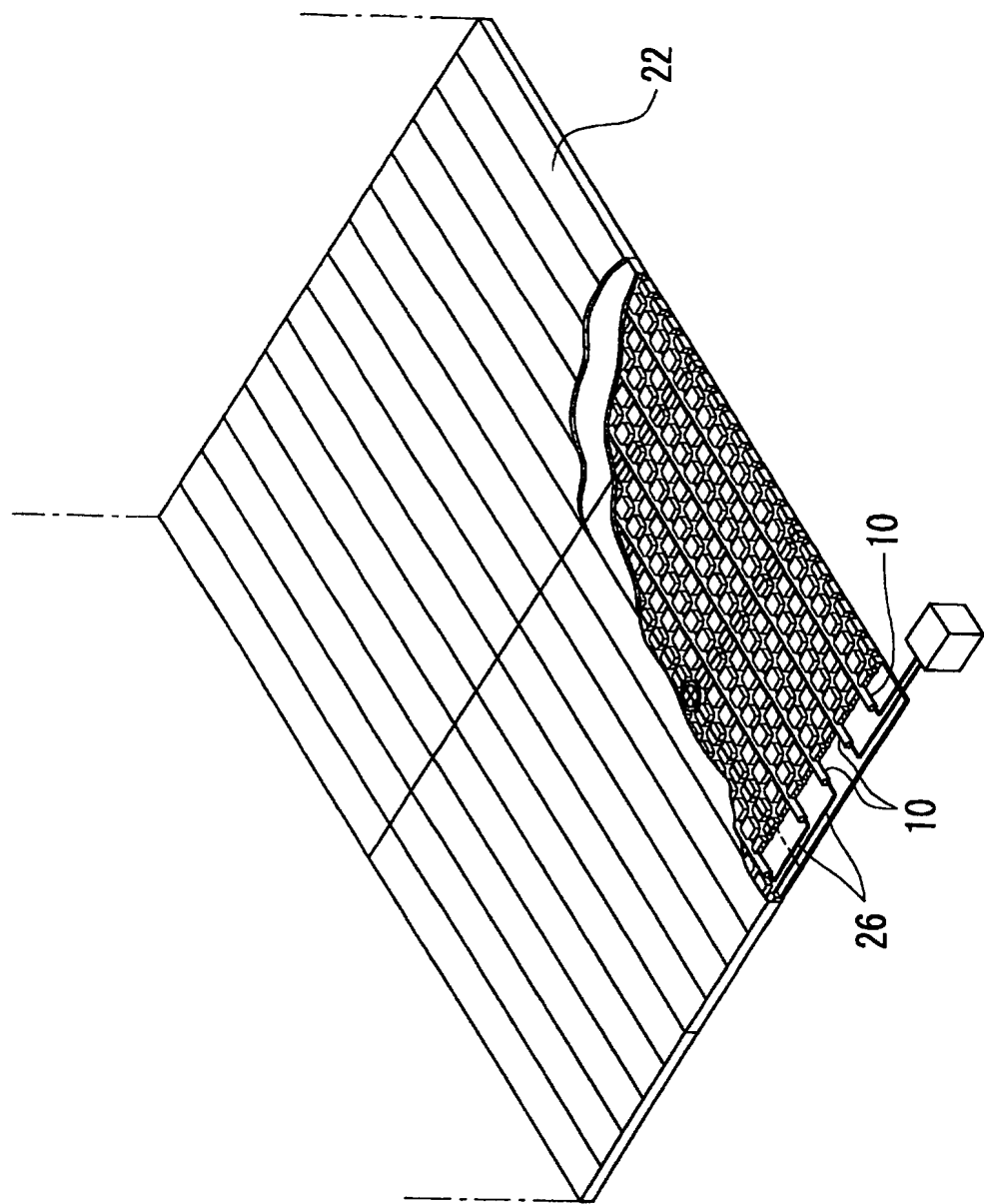
[図5]



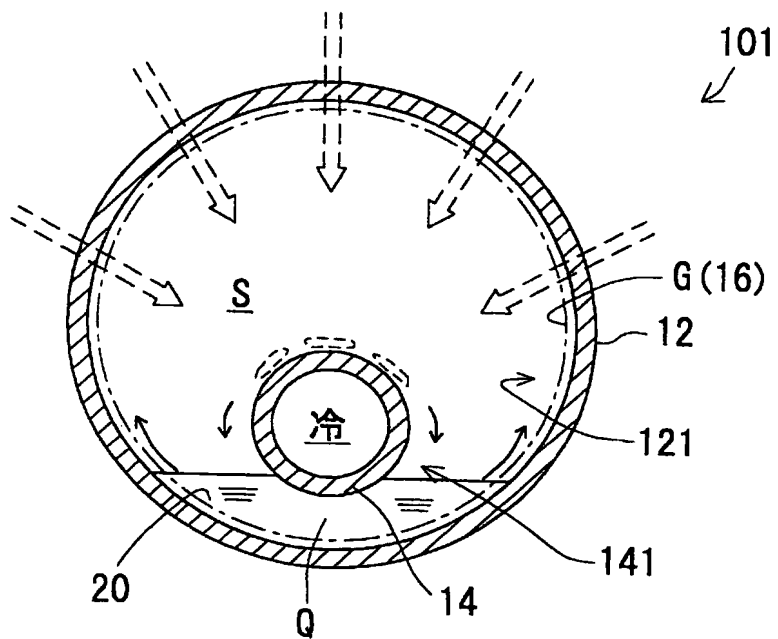
[図6]



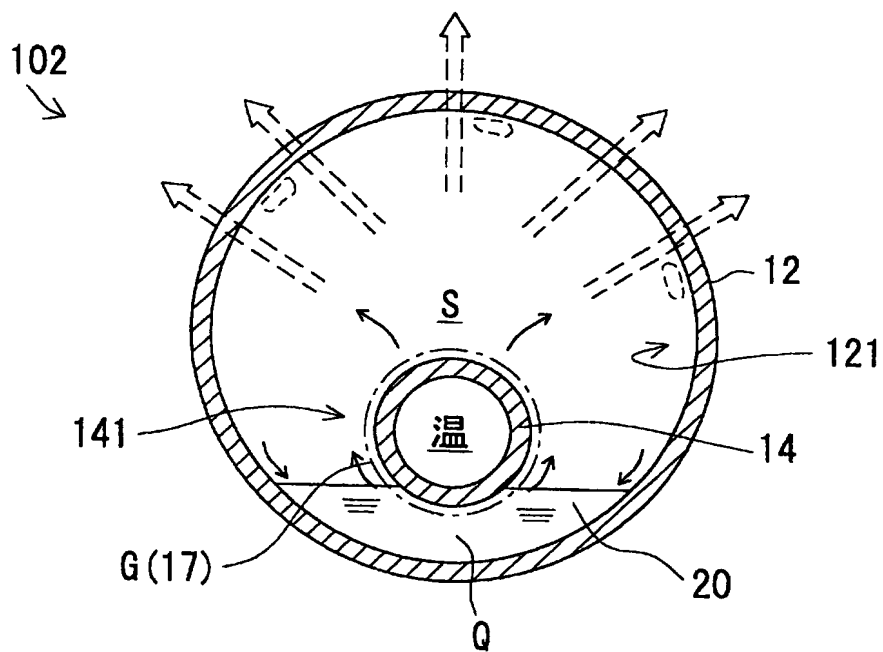
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010313

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F28D15/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F28D15/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-35495 A (Sanwa Koki Kabushiki Kaisha), 07 February, 2003 (07.02.03), Par. Nos. [0057] to [0063], [0106], [0107]; Figs. 1 to 3, 24 & WO 1998/35197 A1	1-7
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 132035/1975 (Laid-open No. 44458/1977) (Hitachi Zosen Corp.), 29 March, 1977 (29.03.77), Page 3, line 2 to page 4, line 3; Fig. 2 (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 October, 2004 (12.10.04)

Date of mailing of the international search report

02 November, 2004 (02.11.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ F28D15/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ F28D15/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-35495 A (三和鋼器株式会社) 2003.02.07, 段落【0057】-【0063】, 【0106】, 【0107】, 図1-3, 図24 & WO 1998/35197 A1	1-7
Y	日本国実用新案登録出願50-132035号 (日本国実用新案登録出願公開52-44458号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム (日立造船株式会社) 1977.03.29, 第3頁第2行-第4頁第3行, 第2図 (ファミリーなし)	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.10.2004

国際調査報告の発送日

02.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

谷口 耕之助

3M

3332

電話番号 03-3581-1101 内線 3376

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.